

Mecanismos inteligentes para la localización de pacientes en residencias geriátricas

Dante I. Tapia, Javier Bajo, Juan M. Sánchez, Juan F. De Paz, Sara Rodríguez, Juan M. Corchado

Departamento Informática y Automática, Universidad de Salamanca
Plaza de la Merced s/n, 37008, Salamanca, Spain
{dantetapia, jbajope, elwiwo, fcofds, srg, corchado}@usal.es

Resumen

El papel que juegan la computación ubicua y los entornos móviles en nuestra sociedad es cada vez más importante y supone la necesidad de proporcionar nuevas soluciones para el desarrollo de entornos inteligentes, caracterizados por su ubicuidad, transparencia e inteligencia. Las características propias de los agentes y sistemas multiagente los hacen adecuados para implementarse en tales condiciones. En este trabajo se presenta parte del desarrollo de un sistema multiagente (ALZ-MAS) para la gestión de residencias geriátricas, centrándose especialmente en describir el mecanismo de monitorización y localización de residentes y personal médico a través de tecnología RFID y asistentes personales inalámbricos. La información provista por sensores RFID es procesada a través de un conjunto de agentes inteligentes. Los agentes proporcionan al sistema capacidad de aprendizaje y mayor eficiencia en la toma de decisiones. Se presenta un caso de estudio, describiendo las principales características de ALZ-MAS y el hardware necesario para llevar a cabo las tareas de monitorización y localización. Finalmente se presentan los resultados obtenidos tras la implementación de ALZ-MAS en un entorno real.

Palabras clave: Agentes, RFID, CBR, Monitorización, Localización

1. Introducción

Actualmente se registra un crecimiento considerable en el desarrollo de tecnologías de automatización (Carretero y Bermejo, 2005; Richter y Hellenschmidt, 2004; Anastasopoulos, *et al.*, 2005). Diversas arquitecturas, basadas en la utilización de agentes, han emergido gracias a la aparición de espacios inteligentes y la integración de dispositivos programables a través de redes computacionales (Rigole, Holvoet y Berbers, 2002). Esto ha impulsando el desarrollo de la computación ubicua (Kleindienst, *et al.*, 2004), la cual es el acercamiento tecnológico más prometedor para resolver el desafío de desarrollar estrategias que permitan la temprana detección y prevención de problemas en entornos automatizados (Angulo y Tellez, 2004).

Los agentes y los sistemas multiagente son cada vez más relevantes en el desarrollo de sistemas dinámicos y distribuidos, adquiriendo gran aceptación en áreas como el comercio electrónico, la medicina, la oceanografía, la robótica, etc. (Corchado, *et al.*, 2004). Concretamente, la aplicación de agentes inteligentes y técnicas de computación ubicua al mundo de la medicina ha supuesto un nuevo enfoque capaz de aportar enormes avances.

ALZ-MAS (Corchado, *et al.*, 2007; Tapia, *et al.*, 2006) es un sistema multiagente desarrollado con el objetivo de mejorar la eficiencia de los servicios de asistencia y los cuidados médicos en residencias geriátricas, incrementando la calidad de vida de los

pacientes. El sistema se desempeña en entornos altamente dinámicos, automatizando algunas de las funciones que se desarrollan en una residencia geriátrica, como es el caso de la monitorización de pacientes, de forma automática y en tiempo de ejecución. ALZ-MAS hace uso de tecnologías Wi-Fi e identificación por radiofrecuencia (RFID). Estas tecnologías aportan una infraestructura capaz de soportar las necesidades de comunicación distribuida de los agentes. Además, incrementan la movilidad, la flexibilidad y la eficiencia de los usuarios, al permitir que los servicios (programas, datos, equipos, etc.) estén disponibles para cualquier equipo de la red que lo requiera, sin importar la localización física del recurso y del usuario (SIMELEC, 2005; Sun Microsystems, 2000; Bénédet y Wiedemann, 2004).

La monitorización y localización de pacientes y enfermeros en ALZ-MAS se realiza mediante agentes deliberativos BDI, tecnología RFID y dispositivos personales (PDA) inalámbricos. La información provista por los sensores RFID es procesada por agentes con mecanismos de razonamiento y aprendizaje automáticos, proporcionando al sistema mayor eficiencia en la toma de decisiones.

Entre los segmentos de la población que más se beneficiarán con la aparición de este tipo de sistemas se encuentran los ancianos y personas con algún tipo de discapacidad (Carretero y Bermejo, 2005), mejorando aspectos importantes en su calidad de vida, principalmente los cuidados médicos (Emiliani y Stephanidis, 2005).

En este trabajo se analiza la problemática en torno al número creciente de ancianos y personas discapacitadas. Además, se describen brevemente la tecnología RFID y las principales características de la arquitectura de ALZ-MAS. Posteriormente, se presenta un caso de estudio, describiendo la implementación del sistema ALZ-MAS en una residencia geriátrica, centrándose en el hardware necesario para llevar a cabo la monitorización y localización de personas en la residencia. Finalmente, se presentan algunos de los resultados y conclusiones obtenidos tras la implementación.

2. Problemática

En la actualidad existe una creciente necesidad de encontrar vías más efectivas para proveer servicios de asistencia y cuidados médicos al número creciente de ancianos y personas con algún tipo de discapacidad, convirtiéndose en uno de los mayores retos para Europa (Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2002) y su comunidad científica (Cesta, *et al.*, 2003). En Europa, durante las últimas tres décadas, el número de personas mayores de 60 años aumentó cerca de un 50%, por lo que en la actualidad, el 25% de la población de Europa es mayor de 60 años y se estima que dentro de 20 años este porcentaje aumente a un 30%, dando como resultado un total de 100 millones de ciudadanos (Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2002). Esta situación no es exclusiva de Europa, ya que estudios en otras partes del mundo muestran tendencias parecidas, tal es el caso de los Estados Unidos de América, en donde las personas mayores de 65 años son el segmento de mayor crecimiento en la población (Angulo y Tellez, 2004), por lo que se estima que en el año 2020 aproximadamente de 1 de cada 6 ciudadanos se encuentre en este segmento (Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2002) y para el 2030 existan más de 69 millones, añadiendo que más del 20% de las personas mayores de 85 años tendrán una capacidad limitada para vivir independientemente, requiriendo monitorización constante y cuidados diarios (Angulo y Tellez, 2004).

La importancia de desarrollar nuevos y más rentables métodos para suministrar cuidados médicos y asistencia a los ancianos se acentúa al considerar tales tendencias (Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2002), siendo necesaria para una mejor administración de los servicios, la creación de entornos seguros, discretos y adaptables para la monitorización y fomento de la salud (Angulo y Tellez, 2004). Las instituciones para el cuidado de la salud

estarán equipadas con sistemas inteligentes capaces de interactuar con humanos (Cesta, *et al.*, 2003). Los sistemas multiagente y las arquitecturas basadas en dispositivos inteligentes han sido recientemente explorados como sistemas de supervisión de cuidado médico (Angulo y Tellez, 2004) para ancianos y en personas con la enfermedad de Alzheimer, por lo que estos sistemas podrían proveer apoyo constante en su vida diaria (Cesta, *et al.*, 2003).

3. Tecnología RFID

La identificación por radio frecuencia (*Radio Frequency IDentification - RFID*) es una tecnología para la captura automática de datos que puede ser usada para identificar electrónicamente y guardar información de productos, artículos, componentes, e incluso personas (U.S. Department of Commerce, 2005). Integrada en ALZ-MAS, permite percibir una parte del entorno, procesando la información obtenida para monitorizar y localizar personas, con la finalidad de mejorar la eficiencia de los cuidados médicos e incrementar la seguridad en residencias geriátricas. Un sistema RFID se compone principalmente de cuatro elementos (Garfinkel y Rosenberg, 2005): Etiquetas; Lectores; Antenas y Radios; y Hardware de Procesamiento.

Como se muestra en la Figura 1, los chips RFID pasivos son leídos a través de un campo electromagnético que opera entre las frecuencias de los 100KHz y 15MHz, induciendo una corriente eléctrica en la cola del “*transponder*” (etiqueta sin sistema de energía incorporado), la cual energiza al chip y éste a su vez transmite una respuesta de baja intensidad y con una frecuencia diferente que es detectada por el lector, quien la envía finalmente a un ordenador o a un dispositivo que muestre la información del chip (Garfinkel y Rosenberg, 2005) (Sokymat, 2006). La configuración utilizada en ALZ-MAS consiste en: “*transponders*” montados en un brazalete que los pacientes y enfermeros llevan en la muñeca o tobillo; una serie de sensores instalados en cada una de las puertas y salidas, con un rango de lectura de hasta 2 metros en la frecuencia de 125kHz; y un ordenador central en donde es procesada la información por un conjunto de agentes inteligentes.

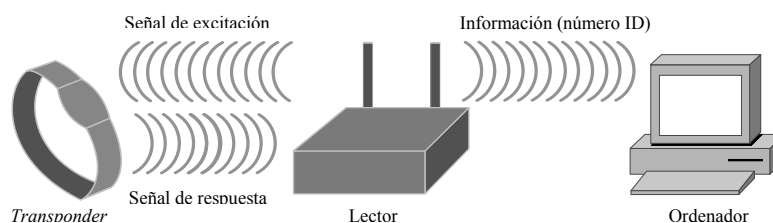


Figura 1. Funcionamiento de la tecnología RFID

4. Arquitectura de ALZ-MAS

La arquitectura de ALZ-MAS (Corchado, *et al.*, 2007; Tapia, *et al.*, 2006) se presenta de forma genérica, ya que el propósito de este trabajo no es adentrarse en la arquitectura, sino enfocarse en describir el mecanismo de monitorización y localización de pacientes y personal médico, haciendo uso de la tecnología RFID y dispositivos inalámbricos.

Un sistema multiagente es un sistema distribuido basado en la cooperación de agentes autónomos. Las características propias de estos sistemas los hacen muy adecuados para su utilización en entornos altamente dinámicos, como es el caso de las residencias geriátricas. Una arquitectura multiagente distribuida presenta una mejor capacidad de recuperación ante errores, permitiendo utilizar agentes autónomos, capaces de tomar decisiones y de adaptarse

al entorno por separado sin necesidad de reiniciar todo el sistema. Dentro de las arquitecturas deliberativas se encuentran las intencionales, y entre ellas el modelo más utilizado hoy en día es el BDI (Belief, Desire, Intention) (Wooldridge y Jennings, 1995), en el cual, la estructura interna de los agentes y sus capacidades de elección, se basan en aptitudes mentales: creencias, deseos, e intenciones (Georgeff y Rao, 1998). La principal característica de ALZ-MAS es la incorporación de agentes deliberativos CBR-BDI y CBP-BDI (Corchado, *et al.*, 2007), capaces de responder a eventos, tomar iniciativas, comunicarse con otros agentes, interaccionar con los usuarios y hacer uso de experiencias pasadas para encontrar mejores soluciones a nuevos problemas. De esta forma, el sistema es capaz de adaptarse al entorno y reaccionar ante nuevos sucesos (Corchado, Bajo y Tapia, 2006). CBR (Aamodt y Plaza, 1994) es un paradigma que se basa en la idea de que los problemas similares tienen soluciones similares. Así, un nuevo problema se resuelve consultando en la memoria casos similares resueltos en el pasado.

La mayor parte de la programación de ALZ-MAS se realiza con Java, ya que se utiliza la plataforma JADE (*Java Agent DEvelopment Framework*) para la implementación de agentes y sistemas multiagente (Bellifemine, Poggi y Rimaza, 1999). También se utiliza LEAP (*Light Extensible Agent Platform*), una extensión de JADE que permite ejecutar agentes en dispositivos móviles inalámbricos, como PDAs o teléfonos móviles (Bergenti y Poggi, 2001).

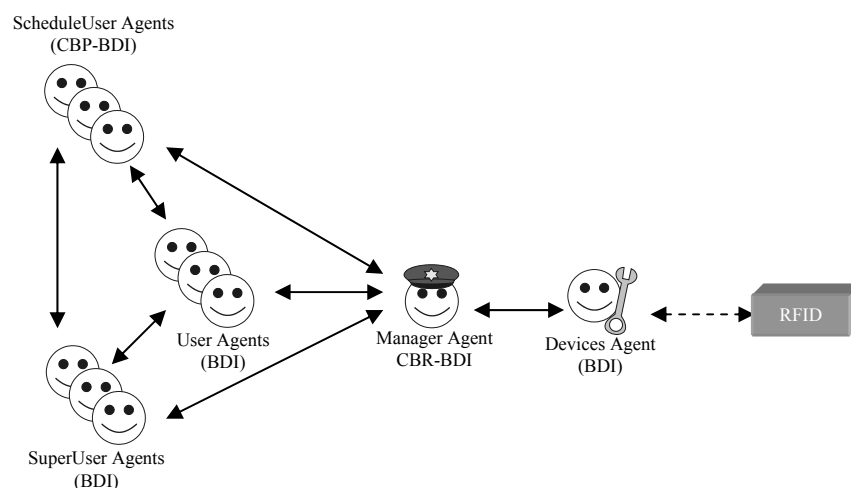


Figura 2. Arquitectura de ALZ-MAS

La Figura 2 muestra una representación simple de ALZ-MAS, en la cual, la tecnología RFID juega un papel fundamental en el sistema, facilitando la monitorización y la localización de usuarios. Además, en la misma Figura 2, es posible apreciar que el sistema se compone de cinco tipos diferentes de agentes:

- *User Agent* es un agente BDI que se ejecuta en dispositivos personales (PDA) inalámbricos. Maneja los datos personales del usuario y sus comportamientos (monitorización, localización, tareas diarias, preferencias y anomalías).
- *SuperUser Agent* es un agente BDI que también se ejecuta en PDAs. Realiza peticiones al agente *Manager* para la asignación de nuevas tareas.
- *ScheduleUser Agent* es un agente planificador CBP-BDI que se ejecuta en PDAs. Asigna las tareas correspondientes a las actividades diarias de los usuarios. Genera planes dinámicos dependiendo de las necesidades de los usuarios.
- *Manager Agent* es un agente CBR-BDI que se ejecuta en una estación de trabajo. Tiene asignados dos roles fundamentales: gestionar la seguridad del entorno (localización de los usuarios); y gestionar las bases de datos y la asignación de tareas.

- *Devices Agent* es un agente BDI que se ejecuta en una estación de trabajo. Controla todos los dispositivos hardware (Wi-Fi y RFID) utilizados para interactuar con el entorno. Envía la información de los dispositivos al agente *Manager* para que sea procesada.

5. Caso de estudio

El sistema ALZ-MAS se ha desarrollado en colaboración con diversas residencias geriátricas en Salamanca, España. El sistema de localización de pacientes se basa en la utilización de tecnología RFID. El hardware RFID implementado consiste en básicamente lectores RFID montados en cada puerta, salida y ascensor, y un brazalete para cada paciente y enfermero. Como se muestra en la Figura 3, los lectores obtienen el número ID directamente de los brazaletes y envían los datos a un ordenador central, en donde se procesa la información y se envían las alertas correspondientes al personal médico.

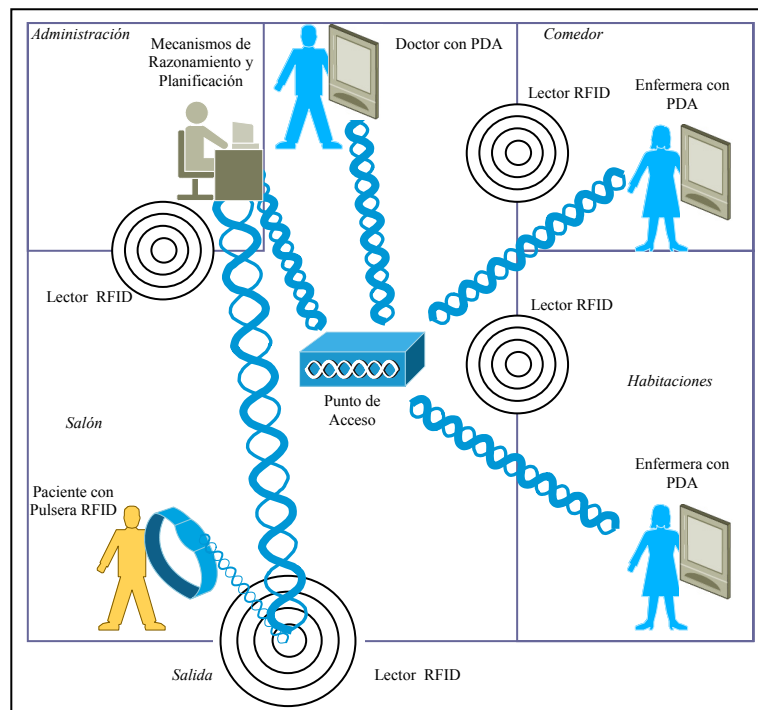


Figura 3. Esquema básico de comunicación en ALZ-MAS

ALZ-MAS es un sistema diseñado con el objetivo de mejorar la eficiencia de los cuidados médicos, la atención y la seguridad de los pacientes dentro de residencias geriátricas (Corchado, *et al.*, 2007; Tapia, *et al.*, 2006). El sistema interactúa con los usuarios y el entorno a través de un conjunto de agentes inteligentes, asistentes personales (PDA), redes Wi-Fi y tecnología RFID, trabajando de forma conjunta para proporcionar informes, respuestas, planes, etc. en tiempo real a los usuarios. El sistema proporciona un control y supervisión preciso de los residentes, ya que el personal de la residencia es capaz de conocer la localización exacta de cada uno de los pacientes y de las enfermeras automáticamente y en tiempo de ejecución.

Como se muestra en la Figura 4, se utilizan etiquetas *ID Band*, manufacturados por Sokymat (Sokymat, 2006), con chip UNIQUE Q5 de 64bits con capacidades de lectura y escritura. Estos chips operan a una frecuencia de $125\text{KHz} \pm 6\text{KHz}$, y con lectores y antenas adecuados es posible obtener lecturas hasta en 1 metro de distancia.

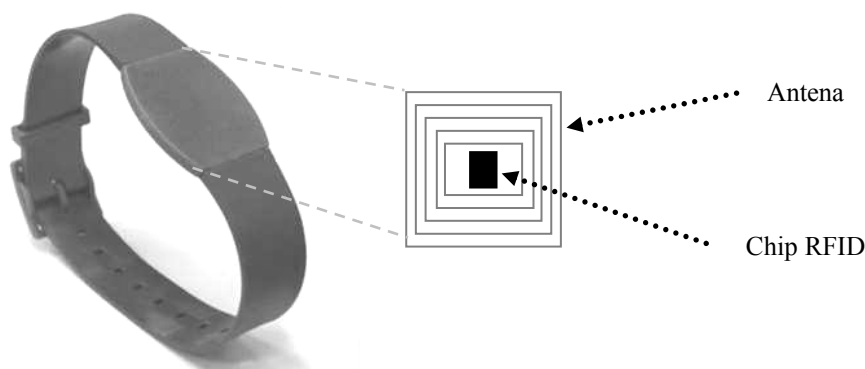


Figura 4. Brazaletes utilizados en ALZ-MAS

Para el desarrollo del sistema, pruebas de laboratorio y demostraciones se utilizan dos tipos de lectores: El que se muestra en la Figura 5 es un lector de escritorio fabricado por la empresa Elatec, con interfaz de comunicación vía USB y un alcance de lectura de hasta 5cm. a una frecuencia de $125\text{KHz} \pm 0,5\%$; el mostrado en la Figura 6 es un lector de escritorio de fabricación propia, con interfaz de comunicación RS-232 y un alcance de lectura de entre 5cm. y 1 metro (modificando la antena), suficiente para ser instalado en los accesos y puertas, a una frecuencia de $125\text{KHz} \pm 0,5\%$.



Figura 5. Lector de escritorio con interfaz USB

Ambos lectores emplean una misma DLL propietaria desarrollada por Elatec, el fabricante del chip RFID, con el API de programación desarrollada bajo C++. Por tal motivo es necesario diseñar una DLL propia que implemente JNI (*Java Native Interface*) para integrar los lectores al sistema, actuando como enlace entre el sistema y la DLL original. JNI es una interfaz de programación nativa que está incluida en el SDK de Java y permite usar, dentro del código de Java, código y bibliotecas desarrolladas en otros lenguajes de programación. Al momento de inicializar un lector, se debe indicar como parámetro el puerto en que está conectado. Esto se hace para cada uno de los lectores conectados al sistema.

Debido a que los lectores desarrollados utilizan la misma DLL, es necesario emplear un mecanismo que permita instalar múltiples lectores en un ordenador. Se ha optado por utilizar agentes individuales para cada lector conectado al ordenador. Estos agentes se comunican sólo con el agente *Devices*. Esta solución permite inicializar múltiples lectores y utilizar una misma DLL, ya que el sistema operativo (Windows) considera a cada agente individual como una aplicación distinta al resto del sistema multiagente.

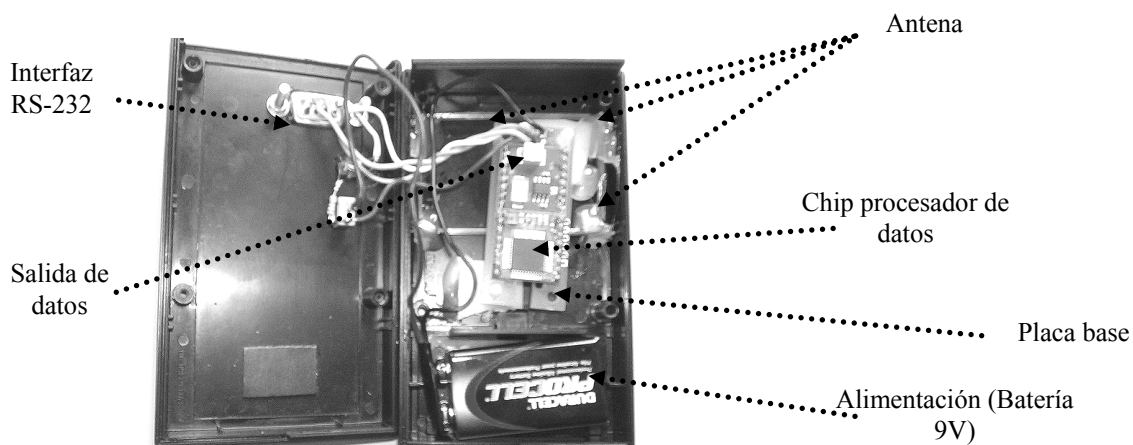


Figura 6. Lector de fabricación propia con interfaz RS-232

5.1. Monitorización y localización de pacientes

La información del conjunto de los lectores instalados en cada una de las puertas, salidas y ascensor de la residencia geriátrica, es obtenida a través del agente *Devices*, el cual la envía al agente *Manager* para que sea procesada. Como se aprecia en la Figura 7, una de las interfaces de usuario del agente *Manager* muestra la localización tanto de los pacientes como de los enfermeros en un plano que contiene el plano de la residencia.

A cada lector se le asigna un número de identificación único, que corresponde a cada una de las puertas de la residencia. Cuando una persona que lleve un brazalete RFID atraviesa determinada puerta, el lector asociado a ésta, envía el número ID del chip y se identifica tanto al lector asociado a la puerta junto con el número ID del usuario. Esta información permite determinar la trayectoria del usuario, y gracias a las capacidades de razonamiento de los agentes, predecir comportamientos o posibles situaciones de riesgo.

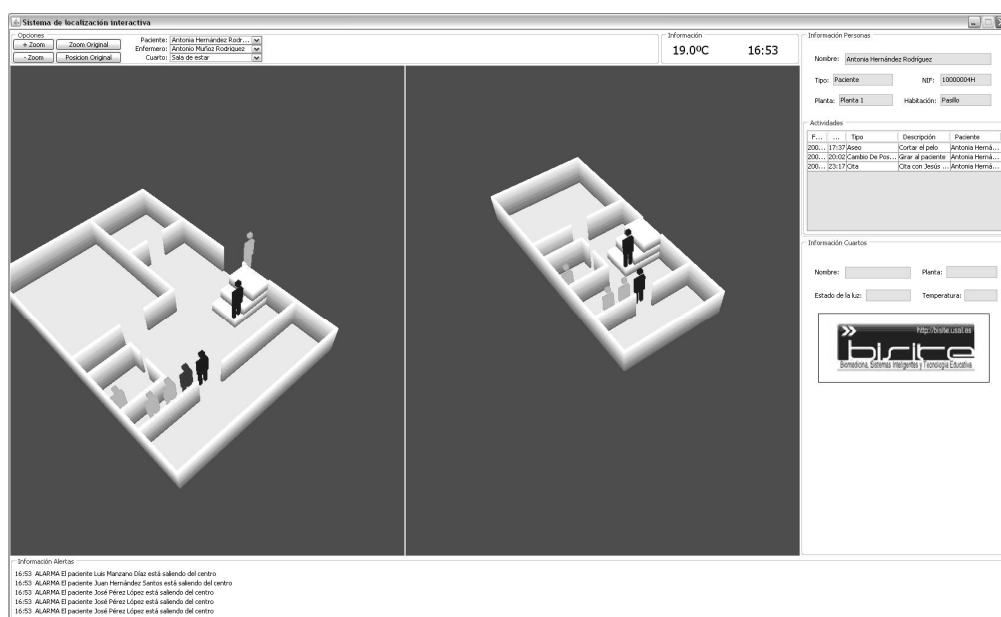


Figura 7. Monitorización y Localización de pacientes y enfermeros en tiempo de ejecución

Como se muestra en la figura 8, ALZ-MAS es capaz de lanzar alertas de seguridad a dispositivos personales (PDA) a través de una infraestructura Wi-Fi. Cuando un usuario no

autorizado pasa a través de una zona restringida (salidas o lugares no autorizados), el agente *Manager* realiza una planificación de tareas y envía al agente *ScheduleUser* que menos carga de trabajo tenga en ese momento, una alerta de seguridad con la máxima prioridad para que sea atendida por el enfermero correspondiente.



Figura 8. Alerta de seguridad en PDA

6. Resultados y conclusiones

Diversas pruebas realizadas (Corchado, *et al.*, 2007), demostraron que la implementación de ALZ-MAS reduce el tiempo empleado por los enfermeros en tareas indirectas, entre ellas la monitorización de pacientes, como se muestra en la Figura 9, mediante el uso de tecnología RFID y dispositivos personales (PDA) inalámbricos.

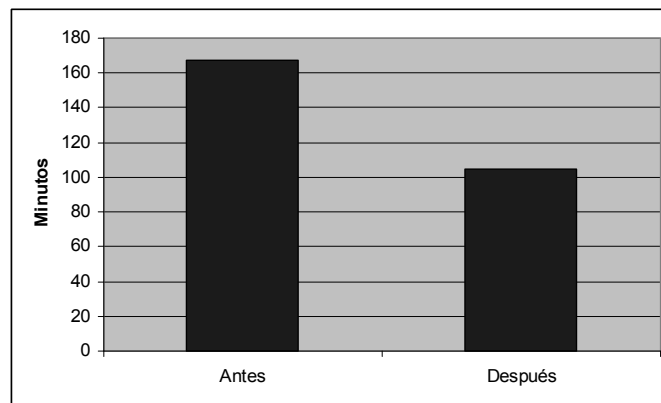


Figura 9. Tiempo empleado por los enfermeros en la monitorización de pacientes, antes y después de la implementación de ALZ-MAS

Por otra parte, gracias a la monitorización automática de los pacientes, se registró un aumento considerable en la detección de situaciones de riesgo, como acceso a zonas no autorizadas (cocina, enfermería, etc.) y fugas de las instalaciones, como se aprecia en la Figura 10.

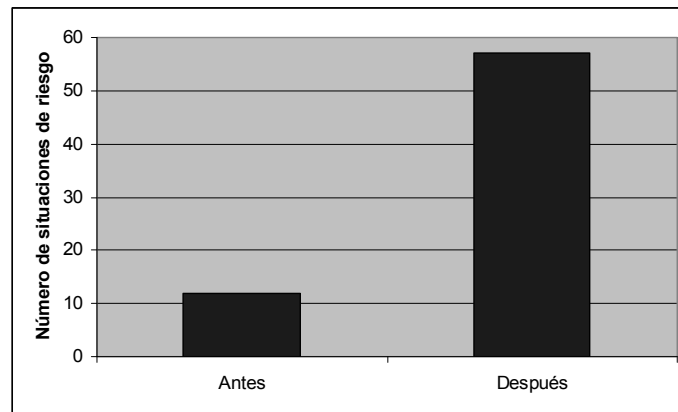


Figura 10. Situaciones de riesgo detectadas antes y después de la implementación del sistema

Este dato en particular ha sido muy revelador, ya que hace suponer que antes de la implementación del sistema, gran número de situaciones de riesgo no eran detectadas por el personal de la residencia, por lo que los pacientes podrían haber puesto en peligro su salud o su integridad física.

En un futuro, los ancianos y las personas con alguna discapacidad, como la enfermedad de Alzheimer, requerirán el uso de nuevas tecnologías que permitan al personal médico realizar sus tareas de manera más eficiente. Sistemas como ALZ-MAS ayudarán a optimizar los servicios de asistencia y cuidados médicos dentro de residencias geriátricas. La seguridad de la residencia también se vería optimizada en dos formas: el sistema, al monitorear en tiempo real a los pacientes, garantiza que cada uno de ellos esté en el lugar correcto; y solo el personal autorizado tendría acceso a las zonas restringidas.

La tecnología RFID ha demostrado que como mecanismo de localización es viable para implementarse. Desafortunadamente, los lectores RFID utilizados en ALZ-MAS, en conjunto, consumen gran cantidad de recursos del CPU, incluso para una potente estación de trabajo, por lo que es necesario experimentar con nuevos dispositivos o mecanismos de lectura, que permitan liberar recursos, necesarios para el adecuado funcionamiento del sistema en general. Los agentes inteligentes que componen ALZ-MAS cuentan con mecanismos de razonamiento y planificación basados en casos. Estos agentes son capaces de aprender, a partir de un conocimiento inicial, interaccionar autónomamente con el entorno y con los usuarios del sistema y se adaptan a las necesidades del entorno, constituyendo una herramienta ideal para facilitar la integración de usuarios en entornos inteligentes y altamente dinámicos.

La integración de tecnologías como RFID y dispositivos Wi-Fi, permiten al sistema ser sensible al contexto y adaptarse a las necesidades y características de los usuarios, proporcionando un elevado nivel de interacción humano-sistema de manera ubicua, natural, simple y sin esfuerzo. El desarrollo tecnológico y la aparición de nuevas formas de comunicación han supuesto un gran cambio en el desarrollo de muchas actividades de la vida cotidiana, sin embargo, es necesario continuar trabajando en la integración y diseño de tecnologías que permitan mejorar, entre otras cosas, las capacidades de monitorización y localización de personas, con una mayor precisión y mejores prestaciones.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias al proyecto TIN 2006-14630-C03-03. Especial agradecimiento a Telefónica Móviles, Tulecom y a Sokymat por el apoyo prestado, así como por la tecnología proporcionada.

Referencias

- Aamodt, A.; Plaza, E. (1994). *Case-Based Reasoning: foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches*, AICOM. Vol. 7. No 1.
- Angulo, C.; Tellez, R. (2004). *Distributed Intelligence for smart home appliances*. Tendencias de la minería de datos en España. Red Española de Minería de Datos.
- Bellifemine F.; Poggi A.; Rimassa G. (1999). *Jade: A FIPA-compliant agent framework*. Proceedings of PAAM-1999, pp. 97-108.
- Bergenti, F.; Poggi, A. (2001). *LEAP: a FIPA Platform for Handheld and Mobile Devices*. Proceedings of the ATAL 2001 Conference. Seattle, USA.
- Camarinha-Matos, L.; Afsarmanesh, H. (2002). *Design of a virtual community infrastructure for elderly care*. PRO-VE'02 – 3rd IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises. Sesimbra, Portugal.
- Carretero, N.; Bermejo, A. B. (2005). *Inteligencia Ambiental*. CEDITEC: Centro de Difusión de Tecnologías, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Cesta, A.; Bahadori, S.; Cortellesa, G.; Grisetti, G.; Giuliani, M. (2003). *The RoboCare Project, Cognitive Systems for the Care of the Elderly*. Proceedings of International Conference on Aging, Disability and Independence. USA.
- Corchado, J. M.; Bajo, J.; De Paz, Y.; Tapia, D. I. (2007). *Intelligent Environment for Monitoring Alzheimer Patients, Agent Technology for Health Care*. Decision Support Systems, Elsevier. Amsterdam, Netherlands.
- Corchado, J. M.; Bajo, J.; Tapia, D. I. (2006). *ALZ-MAS: Alzheimer's special care multi-agent system*. Proceedings of the workshop on Health Care. The 17th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI) Riva del Garda, Italy.
- Corchado J. M.; Pavón J.; Corchado E.; Castillo L. F. (2004). *Development of CBR-BDI Agents: A Tourist Guide Application*. 7th European Conference on Case-based Reasoning. Lecture Notes in Artificial Intelligence 3155, Springer-Verlag, pp. 547-559.
- Emiliani P. L.; Stephanidis, C. (2005). *Universal access to ambient intelligence environments: opportunities and challenges for people with disabilities*. IBM Systems Journal.
- Garfinkel, S.; Rosenberg, B. (2005). *RFID: Applications, security, and privacy*. Addison-Wesley Professional, pp. 15-36.
- Georgeff, M.; Rao, A. (1998). *Rational software agents: from theory to practice*. In Agent Technology: Foundations, Applications, and Markets, N. R. Jennings and M. J. Wooldridge, Eds. Springer-Verlag NY, Secaucus, NJ, USA.
- Richter, K.; Hellenschmidt, M. (2004). *Interacting with the Ambience: Multimodal Interaction and Ambient Intelligence*. Position Paper to the W3C Workshop on Multimodal Interaction, 19-20 July.
- Sokymat. (2006). <http://sokymat.aaitg.com/>.
- Tapia, D. I.; Bajo, J.; De Paz, J. F.; Corchado, J. M. (2006). *Hybrid Multiagent System for Alzheimer Health Care*. HAIS'06. Ribeirao Preto, Brasil.
- U.S. Department of Commerce. (2005). *Radio Frequency Identification. Opportunities and Challenges in Implementation*. Washington D.C., USA.
- Wooldridge, M.; Jennings, N. R. (1995). *Agent Theories, Architectures, and Languages: a Survey*. In: Wooldridge and Jennings ed., Intelligent Agents, Springer-Verlag, pp. 1-22.